

# Ecología y ambiente

Leonardo Malacalza



Comité Medio Ambiente  
de la Asociación de  
Universidades Grupo  
Montevideo



Asociación de  
Universidades Grupo  
Montevideo

Serie de libros Electrónicos del CMA - AUGM  
Sociedad y Ambiente: reflexiones para una nueva América Latina

Este libro está dirigido a quienes comienzan estudios universitarios y también a los todos lectores que busquen ayuda para responder a preguntas que les generen los actuales problemas ambientales.

En los primeros capitulos se ofrecen los fundamentos de la teoria ecologica y en los siguientes se tratan algunos problemas del medio ambiente que afectan a todo el planeta pero con ejemplos y aplicaciones en Argentina.

En estos tiempos -como en casi todos- las hambrunas, la degradación de los recursos naturales, la contaminación, la disminución de la biodiversidad y otros problemas ambientales, no están provocados para satisfacer las necesidades biológicas básicas y culturales de la mayoría de la población humana, sino por la codicia de minorías poderosas que sobrevuelan la historia.

**LEONARDO MALACALZA**

EDITOR

# Ecología y ambiente

**AUGM**

Comité de Medio Ambiente

Serie Monográfica

Sociedad y Ambiente: Reflexiones para una nueva América Latina

Monografía N° 2



UNLP



AUGM  
Comité de Medio Ambiente



Asociación de Universidades  
GRUPO MONTEVIDEO

Leonardo Malacalza, editor  
Ecología y ambiente

Primera edición electrónica, 2013  
AUGM-Comité de Medio Ambiente  
Serie Monográfica Sociedad y Ambiente: Reflexiones  
para una nueva América Latina  
ISBN 978-29821-0-2  
Monografía N° 2

Editor de la serie: Jorge L. Frangi – LISEA- Diagonal 113 N° 469, 2°  
Piso, 1900 La Plata, Argentina  
AUGM Asociación de Universidades Grupo Montevideo & UNLP  
Universidad Nacional de La Plata  
Publicado por: SEDICI  
(Servicio de Difusión de la Creación Intelectual), UNLP  
Calle 49 y 115, piso 1  
1900 La Plata, Argentina

Versión electrónica revisada de:  
Ecología y Ambiente, 2013. Segunda Edición impresa, revisada y ampliada.  
Publicación del Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable de la Univer-  
sidad Nacional de Luján y de la Asociación Civil Instituto de Ecología de  
Luján, Luján, Provincia de Buenos Aires.  
ISBN 978-987-29821-0-2



**Foto de Tapa:** El impacto ambiental de algunos caminos humanos de nues-  
tro tiempo. Tomado de Google Earth en 2014.

**Diseño y maquetación:** Luciana V. Frangi



La autorización de uso de la información contenida en este libro se  
atiene a lo establecido por Creative Commons, licencia Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 2.5 (CC BY-NC-SA 2.5)

## **Prólogo de la Serie**

*La Serie de Monografías “Sociedad y Ambiente: reflexiones para una nueva América Latina”, editada en soporte electrónico, es un resultado de la actividad académica de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM) vinculada a la investigación, desarrollo, docencia, extensión y transferencia relacionadas con la sociedad y el entorno humano. En el contexto latinoamericano, su área de referencia especial es el cono sur de América, en el cual se ubican las universidades públicas que conforman dicha asociación universitaria. Su responsable editorial es el Comité de Medio Ambiente de la AUGM y la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), su publicación y repositorio están a cargo del SEDICI (Servicio de Difusión de la Creación Intelectual) de la UNLP.*

*El propósito de la Serie es ofrecer a los miembros de la comunidad universitaria de AUGM, una oportunidad de publicar documentos de opinión de alcance nacional o regional sobre temas diversos relacionados a las problemáticas sociales y ambientales, dando lugar a la puesta en conocimiento público de ideas, análisis, interpretaciones y propuestas emergentes de la tarea y experiencia académica de los mismos. La complejidad y variedad de las relaciones entre el hombre y su entorno, en el área de interés, se expresa en distinta escala espacio-temporal, e incluye países, historias, grupos sociales, culturas, contextos ambientales (climas, geología, ecosistemas), usos de la tierra y problemas derivados, cuestiones transfronterizas, realidades socioeconómicas, políticas nacionales e internacionales, y otros aspectos con elementos e intereses comunes y contrastantes, complementarios y en pugna.*

*La vocación de la AUGM de desarrollar el espacio académico común entre las universidades del grupo, a través de sus Programas (Comités Académicos, Núcleos disciplinarios, Escala docente, Escala estudiantil, y demás) es una apuesta a avanzar conjuntamente en contribuir al bien común a partir de la creación de conocimiento y la educación, entendidas como bienes sociales que la universidad pública privilegia. Este objetivo*

*en el plano académico regional acompaña procesos de integración de los países de la región. La Serie se propone ayudar a canalizar el compromiso de la intelectualidad universitaria con aquellos fines y valores, constituirse de propuestas que trasciendan el plano de la actividad universitaria tradicional y ser garante de la libre expresión y diversidad de opiniones. Ellas deberían estar inspiradas en el deseo, experiencia y capacidad de sus miembros de ayudar a mejorar la calidad de vida humana, la equidad social, la economía y el respeto por toda forma de vida. Serán bienvenidos los productos del trabajo mancomunado de docentes de universidades de países de la región, que aporten a un futuro compartido sobre la base del respeto a las diferencias y a las cuestiones en común.*

**Jorge L. Frangi**  
Comité de Medio Ambiente de AUGM  
Universidad Nacional de La Plata, Argentina  
jfrangi@agro.unlp.edu.ar

## Prólogo de este libro

*Entrar en un libro (porque se entra en ellos) es asomarse a un mundo, y ese mundo tiene una historia. Este libro que alguien lee es el resultado de una aventura humana que empezó hace mucho tiempo y que tuvo protagonistas ilustres: la aventura de empezar a entender cómo funciona el mundo biológico, de empezar a comprenderse como parte de una biosfera en evolución, de vislumbrar la compleja red de interacciones que nos une a todo lo vivo y a su contexto.*

*Más acá en el tiempo, este libro es también el resultado de una aventura educativa y científica imaginada, iniciada y liderada por Leonardo Malacalza, quien, a su vez, obtuvo inspiración de muchos maestros cuya impronta se palpa en el libro.*

*Leonardo no sólo quiso formar un grupo de investigación en ecología, él fue un pionero en hacerse cargo de la importancia de incorporar la ecología como ciencia y la dimensión ambiental como problema a la cultura popular, a la formación de cualquier profesional universitario, al conocimiento de los docentes de todos los niveles. Cuando nadie pensaba todavía en eso, propuso el dictado de una ecología general en el primer año de todas las carreras de la Universidad Nacional de Luján. Debía ser una ecología que, sin faltar al rigor académico, fuese ampliamente comprensible, y que no fuese contemplativa, sino conocimiento en acción. La experiencia de cuarenta años de esa propuesta avala y nutre lo que este libro nos ofrece. Pero además, Leonardo comprendió inmediatamente la importancia de articular docencia e investigación; no se podía ofrecer conocimientos profundos, actualizados y creativos sin ser parte de la generación de esos conocimientos. Y así se fue conformando y consolidando el grupo de trabajo. Investigación, docencia y extensión amalgamadas en un contexto universitario no siempre favorable; un grupo involucrado con su comunidad, con los aspectos pedagógicos, con afán de innovación y talento en la tarea científica. Y mucha alegría, buen humor, compañerismo. Un grupo combativo y participante de la política universitaria, un grupo*

*incómodo para algunos sectores de poder y siempre dinámico y cambiante. Por ser el más viejo me toca escribir aquí, pero este es un trabajo comunitario, colectivo. Leonardo ha sido nuestro gran mentor, el provocador constante para sacar lo mejor de cada uno, el discutidor incansable, el corrector implacable hasta consigo mismo.*

*Este libro es un tesoro. Presenta una visión actual y moderna no sólo en lo informativo sino en lo conceptual de la ecología y los problemas ambientales cada vez más urgentes en nuestros tiempos. Como todo buen libro, requiere esfuerzo, pero como pocos, es accesible a cualquiera que esté dispuesto a hacer ese esfuerzo. No me siento cohibido al decir todo esto a pesar de participar como autor porque la obra es mejor que nosotros mismos, justamente porque hay un “nosotros”.*

*Me complace invitar al lector o la lectora a explorar este libro como quien se lanza a una caminata por un bosque desconocido pero no extraño.*

*Quizás lo hemos vislumbrado, imaginado o soñado. No nos asusta sino que nos fascina. Nos esperan intensos verdes y sonidos armoniosos; también experiencias dolorosas o preocupantes y voces de alarma; pero lo más importante es que en este bosque no seremos sólo espectadores, sino protagonistas. Definitivamente, la jornada es para quienes tengan ánimo, valentía, entusiasmo. Es sólo el comienzo del viaje, pero les aseguro que es un buen comienzo.*

**Fernando Roberto Momo**  
Luján, mayo de 2013.

## PRÓLOGO DEL AUTOR

*Ecología y Ambiente es un libro que hemos escrito para quienes comienzan estudios universitarios y también para todos los que estén interesados en iniciarse en temas del medio ambiente.*

*Los contenidos del libro están divididos en dos partes; en la primera estudiamos temas básicos de biología y los fundamentos de la teoría ecológica; en la segunda se describen y analizan algunos grandes temas directamente relacionados con el medio ambiente en que vivimos. Sobre tales temas hemos invitado a investigadores especialistas para escribir ensayos que son ejemplos de la teoría ecológica. Por ser especializados, algunos de estos ensayos pueden presentar dificultades para los que se inician; cosa que no debe desalentarlos porque habrá otros que sí comprendan y será provechoso seguir avanzando.*

*Aspiramos a que este libro contribuya no sólo a conocer cómo funcionan los ecosistemas, sino que también al leerlo se ejercite, recupere o adquiera la capacidad para observar a la naturaleza con espíritu inquisitivo. Quizá logremos que se despierten vocaciones para seguir indagando en alguno de los muchos campos de la ecología y el medio ambiente.*

*También aspiramos a que conociendo el enorme tiempo transcurrido desde el comienzo de la vida, y la diversidad y complejidad de los organismos vivientes -entre los cuales estamos- se incremente nuestra comprensión y aceptación de las diferencias; son éstas las que posibilitan y enriquecen la vida en el mundo que conocemos.*

*Cordialmente los invito a comenzar.*

**Leonardo Malacalza**  
Luján, mayo de 2013.

# CONTENIDO

## PRIMERA PARTE ELEMENTOS DE TEORÍA ECOLÓGICA

### CAPÍTULO I

#### LA VIDA Y LA ENERGÍA

¿Qué es la vida?.....	15
La materia, la energía y el orden.....	15
Leyes de la termodinámica.....	16
La célula y el consumo de energía.....	16
La clasificación de los seres vivos.....	17
Preguntas .....	19

### CAPÍTULO II

#### LA BIOSFERA Y SU EVOLUCIÓN

La biosfera .....	21
La organización de la naturaleza .....	21
La vida: ¿dónde, cómo y cuándo comenzó? .....	22
Evolución biológica: Carlos Darwin .....	23
Pruebas directas e indirectas de la evolución de la vida .....	24
Preguntas .....	26

### CAPÍTULO III

#### LA ECOLOGÍA Y LOS ECOSISTEMAS

La ecología.....	28
Sistemas y ecosistemas .....	28
Estructuras del ecosistema .....	30
Diversidad, riqueza y abundancia relativas de las especies .....	30
Funciones del ecosistema .....	31
La producción en los ecosistemas .....	32
Nicho ecológico .....	33
Estabilidad, conectividad, eficiencia .....	33
Preguntas .....	35

## **CAPÍTULO IV**

### **LAS POBLACIONES**

El tamaño y la densidad .....	37
Distribución espacial de las poblaciones .....	39
Estructura de edades de una población.....	39
Crecimiento poblacional.....	40
Regulación poblacional.....	42
Estrategias demográficas.....	43
Una relación entre especies de distinto nivel trófico: la depredación.....	44
Selección de estrategias .....	45
Una relación entre organismos del mismo nivel trófico: la competencia .....	46
Preguntas .....	47

## **CAPÍTULO V**

### **LOS CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS**

La sucesión ecológica.....	49
Las perturbaciones en la sucesión .....	50
La explotación entre ecosistemas .....	52
Preguntas .....	55

## **SEGUNDA PARTE**

### **EL HOMBRE EN LA BIOSFERA**

## **CAPÍTULO VI**

### **LAS POBLACIONES HUMANAS**

Población en crecimiento .....	58
¿Está superpoblado el planeta?.....	59
¿Cuánto consume cada ser humano?.....	60
El origen del hombre .....	61
El crecimiento de la población.....	62
Los grandes saltos en el crecimiento de la población .....	63
Teorías sobre la población.....	64
Distribución de la población y concentraciones urbanas .....	65
Preguntas .....	67

#### **Ensayos**

VI.1. El <i>Homo sapiens</i> y sus antecesores .....	68
VI.2. Ciudad vulnerable: de la segregación urbana a la justicia ambiental.....	69
VI.3. Edificios ambientalmente sustentables y espacios urbanos a escala humana.....	75

## **CAPÍTULO VII**

### **EL AMBIENTE, LA ECOLOGÍA Y LA SALUD**

La salud y los cambios ambientales.....	83
Endemias, epidemias y pandemias.....	84
Agentes patógenos.....	84
Zoonosis y antropozoonosis.....	85
Esquistosomiasis.....	86
Enfermedad de Chagas.....	87
Paludismo.....	88
Dengue.....	89
Preguntas.....	91
<b>Ensayos y descripción de casos</b>	
VII.1. Enfermedades transmitidas por roedores.....	92
VII.2. Datos demográfico-epidemiológicos, su comentario y una propuesta.....	96

## **CAPITULO VIII**

### **LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y EL CAMBIO GLOBAL**

Qué es la contaminación.....	101
La contaminación como problema social.....	102
Efecto invernadero y cambio climático.....	103
El Protocolo de Kioto.....	105
El adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico.....	105
Contaminación del agua dulce.....	106
Contaminación por agrotóxicos y principio precautorio.....	106
Contaminación por metales pesados.....	111
Contaminación por hidrocarburos.....	112
Contaminación por elementos radiactivos.....	113
Preguntas.....	114
<b>Ensayos y descripción de casos</b>	
VIII.1. La acidificación del océano.....	115
VIII.2. Contaminantes ambientales emergentes.....	124
VIII.3. Estudios sobre el estado del río Reconquista.....	130
VIII.4. Bases ecológicas y económicas para la elección del sistema de.....	136
tratamiento de las aguas residuales.....	142
VIII.5. Costo de la contaminación del río Luján.....	145
VIII.6. Tratamientos por digestión anaeróbica de residuos derivados de actividades agropecuarias.....	148

## **CAPÍTULO IX**

### **LOS RECURSOS NATURALES**

¿Qué son los recursos naturales? .....	159
Un modelo de manejo de recursos naturales .....	161
Recursos naturales en América Latina .....	162
Los recursos de la biodiversidad .....	163
El recurso suelo, base de la producción agropecuaria .....	164
Degradación de suelos .....	165
Los sistemas agrícolas .....	166
Sobre la agricultura familiar y la agroecología.....	168
Los recursos de los bosques nativos y de los implantados.....	169
Plagas e invasiones biológicas .....	171
Control de plagas en la agricultura .....	172
El recurso agua dulce .....	173
Aguas superficiales .....	173
Aguas subterráneas .....	174
El turismo ecológico .....	175
Preguntas.....	176
<b>Ensayos y descripción de casos</b>	
IX.1. Recursos naturales y sustentabilidad .....	177
IX.2: La teledetección aplicada al estudio de los recursos naturales .....	186
IX.3. La vicuña, conservación y manejo .....	192
IX.4. Recursos pesqueros y acuicultura mundial y nacional.....	200
IX.5. El pastizal pampeano .....	208
IX.6. La erosión del suelo como proceso condicionado por factores económicos y sociales .....	219
IX.7. Manejo forestal sustentable de los bosques nativos .....	221
IX.8. Especies forestales de crecimiento rápido con especial referencia a <i>Eucaliptus grandis</i> en la Mesopotamia argentina .....	226
IX.9. Cambios de uso de la tierra en los humedales del Bajo Delta del Paraná .....	233
IX.10. Invasiones biológicas .....	240
IX.11. Control biológico de plagas .....	244
IX.12. Control biológico y dinámica poblacional de una plaga en California .....	251
IX.13. Las macrófitas, ingenieras en sistemas acuáticos .....	256
IX.14. El turismo como objeto tecnológico .....	259
<b>Bibliografía</b> .....	265
<b>Glosario</b> .....	288

## **Agradecimientos**

*Agradezco a Fernando Momo, Carlos Coviella, Adonis Giorgi y Claudia Feijoó que han colaborado conmigo, no sólo en este libro, sino a lo largo de muchos años en la docencia y la investigación; a los estudiantes, que durante cuarenta años han sido parte del apasionante trabajo de la docencia universitaria; al Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable de la Universidad Nacional de Luján donde trabajo, por lo estimulante de sus proyectos en curso y por sus racionales sueños y esperanzas; a los integrantes de la Comisión directiva de la Asociación Civil Instituto de Ecología de Luján por su disposición permanente; y a los profesores e investigadores que respondiendo a mi invitación, escribieron los ensayos con los que se enriquece la lectura de este libro, en particular al doctor Jorge L. Frangi, quien además lo revisó e hizo buenas observaciones que ayudaron a mejorar esta edición.*

**Leonardo Malacalza**

# **PRIMERA PARTE**

## **ELEMENTOS DE TEORÍA ECOLÓGICA**

## CAPÍTULO I

# La vida y la energía

*Leonardo Malacalza y Fernando Momo*

## LA VIDA Y LA ENERGÍA

### ¿QUÉ ES LA VIDA?

Estamos vivos y nuestra vida transcurre entre objetos vivos y otros que consideramos inertes. Diferenciamos un organismo vivo, con vida, de uno muerto, sin vida. Observamos y estudiamos a los seres vivos, y quizá sin mayores dificultades hemos aprobado cursos de biología, de botánica o de zoología; y hasta ahora casi todos hablamos de vida y de seres vivos con cierta seguridad.

Comencemos preguntándonos ¿qué es la vida? ¿Cómo se originó? ¿Se originó sólo una vez?, y sigamos: ¿de dónde viene la enorme diversidad de plantas y animales que existe? ¿Siempre han sido los mismos desde que surgió la vida? ¿Por qué los seres vivos tienen estructuras y comportamientos más o menos complejos adaptados al medio ambiente?

Muchos científicos, que han tratado el tema, expresan las dificultades para definir qué es la vida y que, por ahora, no es posible una definición exacta, que incluya a todas las cosas vivas del pasado y del presente, y que excluya a todas las no vivientes. Cuando se trata de situaciones extremas es fácil ponerse de acuerdo respecto de que es un ser vivo –un hombre, un árbol- y un ser no viviente –un vidrio, un metal-. Ya no es tan fácil establecer el límite de separación entre un ser vivo y otro no vivo cuando se comparan sistemas tales como algunas macromoléculas orgánicas o los virus. Más simple que una macromolécula es una molécula y más que ésta, los átomos que la componen. Entonces átomos, moléculas y macromoléculas son algunos de los niveles de complejidad creciente de organización de la materia.

Para aproximarnos a una definición de la vida deberemos identificar los procesos que permiten la aparición y mantenimiento de estructuras químicas que, mediante flujos de energía, son capaces de reproducirse y sobrevivir en un ambiente del que pasan a ser parte.

Esos procesos o funciones de la materia que nos permiten referirnos a la materia viviente, o a la vida, son el automantenimiento, la autorreproducción y la autorregulación, que son, respectivamente, la posibilidad de mantener la estructura viva recibiendo, incorporando y transformando materia y energía, mediante la nutrición, la asimilación, la respiración y la fermentación; la posibilidad de propagarse mediante la reproducción; y la posibilidad de controlar su crecimiento y su relación con el ambiente. Estas tres funciones se observan en todos los seres vivos, desde las estructuras vivas más elementales: las células.

En este capítulo nos ocuparemos de la vida como un proceso que comenzó hace 3800 millones de años en el planeta Tierra, y no como el tiempo que transcurre entre el nacimiento y la muerte de cada ser viviente.

### LA MATERIA, LA ENERGÍA Y EL ORDEN

Los seres vivos están constituidos por materia y funcionan y se mantienen organizados por el aporte constante de energía. Materia es todo aquello que tiene masa y ocupa espacio. En tanto que la energía es una capacidad de la materia que, en parte, puede transformarse

en trabajo. La materia, aunque pueda combinarse y recombinarse, persiste, en tanto que la energía, que posibilita esos cambios, fluye y va perdiendo su capacidad de realizar trabajo, se va degradando en forma de calor no útil.

El agua de un embalse tiene energía potencial (energía capaz de realizar un trabajo dada por la fuerza de la gravedad) que puede transformarse en energía cinética (trabajo realizándose) si abrimos las compuertas y dejamos fluir el agua; una parte de esa energía cinética se transforma en trabajo al hacer girar las turbinas, y la energía cinética de las turbinas se transforma en energía eléctrica en la dinamo. En realidad es imposible que toda la energía de un sistema se transforme en trabajo: la fracción de dicha energía que efectivamente se convierte en trabajo es la energía libre, el resto se pierde como calor.

## LEYES DE LA TERMODINÁMICA

Esas propiedades de la energía están enunciadas y explicadas por las leyes de la termodinámica. La primera, la ley de la conservación de la energía, dice que la energía no puede crearse ni destruirse; puede transformarse y adoptar distintas formas -puede ser luz, calor, movimiento, estar en los enlaces entre átomos y moléculas, y otras-, pero siempre la energía de un sistema más su entorno, se conserva, no aumenta ni disminuye.

Todas esas formas de energía no tienen la misma capacidad de realizar trabajo, así el calor es la forma de energía que menos capacidad tiene de transformarse en trabajo y que tiende a desorganizar los sistemas. Esto se explica en la segunda ley de la termodinámica, que dice que en cada conversión de la energía, ésta va perdiendo capacidad de realizar trabajo, disipándose parcialmente en su entorno en forma de calor. Y como el calor tiene poca capacidad de realizar trabajo el desorden aumenta y decimos que aumenta la entropía. La entropía es, entonces, una medida del desorden de cualquier sistema y también es una medida de la “degradación” o desgaste de la energía.

Volviendo al ejemplo del embalse, estas leyes se ponen de manifiesto si observamos que la energía eléctrica máxima que podemos obtener en la dinamo es insuficiente para elevar toda el agua que movió las turbinas hasta el nivel en que se encontraba en el embalse. Esto no indica que la energía haya disminuido, es la capacidad de realizar trabajo lo que ha disminuido.

Los procesos espontáneos -como el flujo del agua del río- siempre tienden a desarrollarse en el sentido en que la energía libre del sistema disminuye y la entropía del universo -el conjunto del sistema y su entorno- aumenta. Podemos hablar de una tendencia natural al desorden que se da en los sistemas materiales inertes y en los sistemas vivos, como las células.

## LA CÉLULA Y EL CONSUMO DE ENERGÍA

La célula viva es una organización inestable y poco probable. Para mantener su estructura necesita del aporte constante de energía. Si esto no sucede la célula se desordena y muere. La capacidad de recibir, transformar y usar energía es lo que, como una característica fundamental de la vida, conocemos como autoconservación o automantenimiento.

La organización requiere energía, cuanto más organizado sea un sistema, mayor cantidad de energía requerirá para mantener su organización contra la tendencia natural al desorden. Para luchar contra esa tendencia al aumento de entropía y evitar la cantidad de desorden que representa la muerte, la célula requiere constantemente nueva energía del exterior. Por eso decimos que los sistemas vivos son sistemas disipativos, porque mantienen su organización a costa de un flujo de energía que los atraviesa. Esto explica por qué todo ser vivo, por

sencillo que sea, necesita energía en alguna de sus formas.

Pero los seres vivos necesitan energía no sólo para mantener sus estructuras organizadas sino también para desplazarse, relacionarse, reaccionar ante estímulos, pensar, agredir, huir, y muchas otras funciones.

Los seres humanos somos sistemas constituidos por células: somos organismos inestables, ya que, aún durmiendo, necesitamos el aporte de energía; y somos poco probables, en el sentido de que según transcurre el tiempo la probabilidad de desorganizarnos y morir aumenta.

La vida sobre la Tierra se mantiene con la energía proveniente del sol. El sol continuamente emite radiación que se propaga por el espacio en forma de ondas, cuyas longitudes y amplitudes determinan la cantidad de energía que contienen los fotones, que serían algo así como paquetes de energía. Cuanto menor es la longitud de onda de la radiación, mayor es la cantidad de energía del fotón. La luz visible es la porción de radiación comprendida entre los 370 y 750 nanómetros (nm) de longitud de onda (1 nm es la millonésima parte de 1 milímetro).

Las plantas verdes mediante moléculas especializadas (clorofila y otros pigmentos) son capaces de absorber y transformar la energía de la luz visible o radiación fotosintéticamente activa (PAR, su acrónimo en inglés). Esta transformación se efectúa a través de una serie de reacciones químicas intermedias y, en conjunto, el proceso se denomina fotosíntesis. Con esa energía construyen nuevas moléculas y en éstas, una parte, queda almacenada en forma de energía química. Una de las moléculas que se construye es la de glucosa: el primer combustible energético utilizado por los seres vivos.

Los animales necesitan comer para incorporar las moléculas orgánicas de donde obtener energía que les permita seguir viviendo. También las plantas en las partes que generalmente no fotosintetizan (raíces, tallos, frutos, flores), deben recibir moléculas orgánicas capaces de proveerles energía aportadas por las estructuras verdes, como las hojas, que mayoritariamente hacen fotosíntesis.

Unos y otros, todos los seres vivos obtienen energía libre, que permite realizar trabajo, por medio de la respiración, nombre con el que se conoce al proceso que se lleva a cabo dentro de las células, en organelas llamadas mitocondrias, y que consiste básicamente en la oxidación lenta de moléculas orgánicas ricas en energía.

A los organismos vegetales con clorofila se los denomina autótrofos, esto significa que son capaces de fabricar sus propios compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas y luz. En tanto que a los organismos carentes de clorofila se los denomina heterótrofos, o sea los microorganismos, los animales y las plantas no verdes que deben tomar los alimentos del medio en que viven.

## LA CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS

En las primeras etapas de su existencia el hombre comenzó a observar los animales y las plantas que atrajeron su atención, o bien que le fueron útiles o perjudiciales. Una vez que estableció sus diferencias o semejanzas, les dio un nombre. Ese criterio de clasificación tenía un fin práctico inmediato; se podía aprender y transmitir con facilidad.

Las cosas se clasifican para ordenarlas, entenderlas y eliminar el aprendizaje repetido. En biología la tarea de clasificar y ordenar los organismos es muy grande; hace algunas décadas se estimaba la existencia de alrededor de cinco millones de especies; hoy se estima que son muchas más y quizá lleguen a unos diez de millones.

Cuando se trata de clasificar objetos no vivos la tarea es más simple. Pero cuando nos referimos a plantas y animales la clasificación se complica; debemos tener en cuenta que los seres vivos tienen una historia evolutiva, una historia en la que a partir de ancestros las especies fueron cambiando, a la que llamamos filogenia y también un porvenir con la posibilidad de cambiar en el futuro.

Las plantas y los animales tienen nombres vulgares vernáculos, como “algarrobo”, “churrinche”, “bagre”, “pino paraná”, “perro”, de uso más o menos amplio. Pero no es raro que el mismo organismo reciba distintos nombres en el mismo país o que cambie en países con el mismo idioma; o que por el contrario se dé igual nombre a diferentes organismos. Para evitar la confusión, se hizo necesario adoptar una nomenclatura generalizada. A mediados del siglo XVIII Linneo, un naturalista sueco, propuso la nomenclatura binomial para dar a cada especie un nombre con un epíteto genérico y otro específico que debían ser escritos en latín.

A partir de Linneo, la especie es la unidad básica de la clasificación jerárquica en taxonomía. Pero aún hoy no es fácil definir qué es una especie. En general, por ejemplo, si hablamos de animales como los mamíferos, podemos decir que una especie se compone con organismos capaces de aparearse entre sí y generar descendencia fértil, y también que está delimitada por similitudes en las características morfológicas de los individuos. Pero esta definición requiere otras descripciones para otros grupos de organismos con otras características, manteniendo en todos los casos, el propósito de identificarlos con la misma denominación por todos aquellos que los observen.

El sistema de Linneo consta de siete agrupamientos básicos o taxa, en plural, y taxón, en singular:

En nuestros ejemplos *Allium cepa* y *Homo sapiens* son los nombres de las especies que conocemos como cebolla y hombre. Esos nombres están compuestos por dos palabras, por eso la nomenclatura se llama binomial. *Allium* y *Homo* son los nombres de los géneros, y *cepa* y *sapiens* son los epítetos específicos, pero el nombre de las especies está formado por las dos palabras: *Allium cepa* y *Homo sapiens*.

Existe un orden jerárquico entre los siete taxa, es decir que cada agrupamiento incluye una variedad de características mayor que el inmediato inferior. Un género contiene comúnmente más de una especie, una familia varios géneros, un orden varias familias, y así sucesivamente.

TAXA	Ejemplos	
<b>REINO</b>	<i>Vegetal</i>	<i>Animal</i>
<b>DIVISIÓN (o Phylum)</b>	<i>Angiospermas</i>	<i>Cordados</i>
<b>CLASE</b>	<i>Monocotiledóneas</i>	<i>Mamíferos</i>
<b>ORDEN</b>	<i>Liliflorales</i>	<i>Primates</i>
<b>FAMILIA</b>	<i>Liliáceas</i>	<i>Homínidos</i>
<b>GÉNERO</b>	<i>Allium</i>	<i>Homo</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>Allium cepa</i>	<i>Homo sapiens</i>

## **PREGUNTAS**

1. ¿Cuáles son las propiedades básicas que caracterizan a todos los seres vivos?
2. ¿Qué es materia y qué es energía?
3. ¿Puede dar ejemplos de distintas formas de energía?
4. ¿Puede interpretar el enunciado de las Leyes de la Termodinámica?
5. ¿Qué entiende por entropía? ¿Puede dar ejemplos de variaciones relativas a esta magnitud?
6. ¿Puede explicar por qué se dice que los seres vivos se oponen al aumento de entropía?
7. ¿Por qué la célula viva requiere el aporte constante de energía?
8. ¿Cuál es la principal fuente de energía que hace posible la vida?
9. ¿Puede explicar cómo obtiene la vida la energía y mediante qué procesos la transforma y la utiliza?
10. ¿Qué es un organismo autótrofo y qué es un organismo heterótrofo?
11. ¿En qué consiste básicamente la fotosíntesis y la respiración y en qué organelas se realizan?
12. ¿Qué es la luz y qué importancia tienen para la vida las distintas longitudes de onda?
13. ¿Puede explicar en qué consiste la nomenclatura binomial de las especies y dar algunos ejemplos?

## CAPÍTULO II

# La biosfera y su evolución

*Leonardo Malacalza, Fernando Momo y Carlos Coviella*

## LA BIOSFERA Y SU EVOLUCIÓN

### LA BIOSFERA

Biosfera es el nombre que se da al conjunto de seres vivos de todo el planeta que existen en un tiempo dado. Su aparición y desarrollo, y la modificación de su entorno ha ocurrido en el curso de un largo proceso que comenzó hace unos 3800 millones de años.

La biosfera no es una capa continua de materia viva sino que está cuantificada en individuos pertenecientes a una cantidad estimada de diez millones de especies. Tiene un espesor máximo de unos veinte kilómetros; diez hacia abajo en las fosas marinas y diez hacia arriba en las montañas. Se estima que la masa de todos los seres vivos distribuida homogéneamente sobre la superficie del planeta formaría una capa de sólo un centímetro de espesor. No obstante los efectos que produce son muy grandes, tanto en la atmósfera como en las aguas y los suelos.

Las interfases entre los estados líquido, sólido y gaseoso constituyen quizá los lugares más propicios para el desarrollo de la vida. Piénsese una planta arraigada en la orilla de una laguna, con sus raíces que pueden tomar los nutrientes del suelo, el agua que nunca ha de faltarle cubriendo parte de su cuerpo, y otra parte emergida expuesta al aire de donde puede obtener siempre dióxido de carbono y oxígeno. Pero la vida se desarrolla –al menos en nuestro planeta- en todo lugar donde haya agua líquida -aún donde es mínima y sólo está libre poco tiempo- y donde reciba energía de la luz o de alguna molécula capaz de suministrarla.

### LA ORGANIZACIÓN DE LA NATURALEZA

La materia viva o inerte es atravesada por un flujo constante de energía que le da movimiento. Esto es así tanto para los átomos como para los más complejos sistemas vivos. Esta característica, la del movimiento de la materia, es de gran importancia para poder entender el concepto de evolución; concepto aplicable para la evolución cósmica, la evolución biológica y la evolución social. Evolución significa cambio con continuidad, normalmente con cierta dirección.

La energía produjo la compleja organización de la materia. La materia del universo se organizó así en una larga escalera de complejidad creciente: partículas elementales, átomos, moléculas, células, organismos, poblaciones, comunidades. A veces se habla de niveles de organización para referirse a cada uno de los peldaños de esa imaginaria escalera.

Cada nivel de organización biológica posee propiedades heredadas del nivel anterior y propiedades nuevas, denominadas emergentes, a partir de las cuales se define o caracteriza el nivel siguiente. Por ejemplo, la sexualidad es una propiedad emergente de los sistemas biológicos; ningún átomo ni molécula tiene sexo, pero una célula, construida con moléculas y macromoléculas, sí puede tenerlo; las células aisladas no pueden emitir sonidos, pero sí un organismo animal que está constituido por células.

La clasificación por orden de complejidad se corresponde con una clasificación cronológica. En la primera etapa de la evolución de la Tierra, que duró alrededor de 600-800 millones de

años, los procesos que en ella se desarrollaban con partículas subatómicas, átomos y moléculas combinándose y recombinándose obedecían sólo a leyes físicas y químicas. Esta fue la etapa que denominamos de la evolución prebiológica. Mucho se ha investigado y se continúa investigando sobre esta etapa en la que se dieron las condiciones para que fuese posible algo tan improbable como la vida; se trata tanto de especulaciones teóricas y de explicaciones religiosas, como de observaciones de la naturaleza y de experimentos realizados en condiciones de laboratorio.

La vida como una expresión del movimiento de la materia aparece hace algo más de 3800 millones de años y comienza la evolución biológica. Es decir que la vida aparece como una propiedad emergente de un nivel sin vida donde sólo actuaban las que hoy conocemos como leyes físicas y químicas. Con la presencia de estructuras vivas, surgen nuevas reglas de juego, las leyes biológicas, en un planeta Tierra muy distinto del actual, con una atmósfera que tenía una proporción mínima de oxígeno, altas temperaturas y mucha radiación ultravioleta que haría imposible la vida tal cual la conocemos distribuida en toda la biosfera.

## LA VIDA: ¿DÓNDE, CÓMO Y CUÁNDO COMENZÓ?

Esta pregunta se la está haciendo desde hace miles de años una particular manifestación de la vida, un ser viviente, el hombre -la especie animal *Homo sapiens*- y en todo ese tiempo fue encontrando y desechando respuestas.

Fragmentos de historia antigua nos dicen que en Egipto, China, India, Grecia, nuestros antepasados, con no menos capacidad intelectual que nosotros, creían en la generación espontánea. Creían que los organismos podían surgir espontáneamente de la materia inerte: las moscas y los ratones de la basura, la polilla de la ropa vieja, los peces del agua, los sapos del barro. Así parece que lo creyó Aristóteles que vivió hace 2300 años. Y lo siguieron creyendo otros sin dudar hasta hace tan sólo 300 años. Al pensamiento de Aristóteles se fueron sumando grandes pensadores como San Agustín (354-430) o Santo Tomás de Aquino (1225-1274).

Fue en los últimos tiempos (Siglos XVI y XVII) cuando, desafiando los dogmas heredados, se manifestaron pensamientos críticos basados en el método experimental. Sin embargo, aunque se progresaba en el conocimiento de las ciencias exactas y naturales, se seguía creyendo en la generación espontánea de los organismos, hasta que Louis Pasteur, en 1862, demostró la existencia de microorganismos que están presentes en todos los ambientes donde pueda desarrollarse la vida. El uso del microscopio para observar un líquido nutritivo que fue esterilizado, parte del cual fue expuesto al aire y otra parte se conservó estéril, mostró que en la primera se desarrollaban microorganismos y en la otra no; eso fue suficiente para probar que no existía generación espontánea de organismos vivos, ni aun los más simples y pequeños, como las bacterias.

En esos años ya se hablaba de cambio y de evolución de las especies según transcurría el tiempo, y se decía que los seres vivos provenían de otros que habían existido en el pasado. Por ese camino, andando hacia atrás en el tiempo, tendríamos que llegar al origen de los primeros seres vivos, al origen de la vida en el planeta Tierra: o era creación sobrenatural -y no se hablaba más del tema- o había que buscar una explicación científica.

La vida podría haber llegado del espacio (teoría llamada de la panspermia), pero las formas vivas que conocemos no resistirían las condiciones extremas de la travesía: sólo la radiación ultravioleta del sol sería suficiente para destruir las complejas moléculas orgánicas, aún de los organismos más simples. Por otra parte, aun aceptando la panspermia como causa de aparición de la vida en nuestro planeta, no contestamos las preguntas fundamentales de cómo, cuándo y dónde fue que comenzó la vida.

## EVOLUCIÓN BIOLÓGICA: CARLOS DARWIN

Muchas evidencias, tanto directas como indirectas, muestran que los organismos vivientes han ido cambiando con el paso del tiempo. Pero no ha sido fácil explicar cómo cambian y evolucionan las especies. Aún existen muchos aspectos sin resolver.

En el año 1859 Carlos Darwin, un científico inglés, publicó un libro titulado *El origen de las especies*, en el que sostenía que las especies descienden de otras que existieron anteriormente y que el proceso fundamental según el cual esto ocurre en la naturaleza es la selección natural. Según Darwin el mundo no es estático sino que evoluciona; las especies cambian continuamente, unas se originan y otras se extinguen. En esto no fue el primero; ya otros como el zoólogo francés Lamarck, a principios del siglo XIX, dijeron que los seres vivos habían surgido por transformación de unas pocas especies primitivas. Lamarck no habló de “evolución de las especies”. Sí lo hizo Darwin, para quien el proceso de la evolución era gradual y continuo. Postuló también que los organismos estaban emparentados por un antepasado común, y que todos, incluido el hombre, podían remontarse hasta un origen único de la vida.

Hubo muchas protestas por la inclusión del hombre en la comunidad de descendencia de los mamíferos, pero la idea fue lentamente aceptada por los biólogos pero no por la mayoría de los que no lo eran.

Darwin observó que los individuos pertenecientes a una misma especie presentan variaciones entre ellos, son todos diferentes, aunque sea por muy poco. También notó que tanto animales como vegetales dejan, o pueden dejar, mayor número de descendientes que los que puede contener un espacio y tiempo limitados. Sin embargo en la naturaleza el número de individuos de cada especie se mantiene más o menos constante durante un tiempo más o menos largo, que puede ser de centenares de miles o millones de años. ¿Cuáles son los individuos que sobreviven en cada generación? Sobreviven los que, por esas diferencias individuales están, ya al nacer, mejor adaptados al ambiente en que crecerán y se reproducirán, transmitiendo a los descendientes sus características diferenciales ventajosas. En tanto que han de morir tempranamente los que, por las diferencias individuales, estén en peores condiciones para obtener del ambiente lo necesario para crecer y reproducirse; para que opere la selección es importante que las diferencias desventajosas produzcan la eliminación de tales individuos antes de alcanzar la edad reproductiva. En otras palabras, los individuos no se adaptan al ambiente, sino que algunos ya nacen con características que les otorgan mayores probabilidades de sobrevivir. Son las poblaciones las que, a lo largo del tiempo, resultan adaptadas por selección natural. Hablaba Darwin de la lucha por la existencia y de la selección natural. Cuanto más dura la lucha, más rápida será la evolución de las especies.

Lamarck había sostenido que las especies se transformaban según las necesidades que el ambiente le fuese creando, pues ya se estaba sabiendo que en el planeta se producían grandes cambios geofísicos a lo largo del tiempo. Para Lamarck los organismos vivos, las especies, *debían adaptarse para* poder sobrevivir si el ambiente cambiaba. El ambiente les creaba nuevas necesidades, y por consiguiente adoptaban nuevos comportamientos que originaban nuevas estructuras. A la larga, estos cambios de comportamientos y estructuras originaban nuevas especies. Lamarck daba como ejemplo de su teoría el caso de las aves zancudas, que tenían -decía él- las patas tan largas por el deseo de estar en el agua sin mojar sus cuerpos.

Una diferencia importante entre las teorías de Lamarck y de Darwin está en que mientras la primera sostiene que las variaciones en los individuos de las especies son la respuesta a una necesidad, la segunda las atribuye sólo al azar. Otra diferencia es que mientras Darwin creía

que el ambiente determinaba la evolución de las especies, Lamarck sostenía que los organismos elegían el ambiente en el que podrían transformarse según las necesidades que apareciesen.

En el siglo XX, con el avance de la genética, se supo que las diferencias individuales que observó Darwin se deben a *mutaciones*, cambios espontáneos o inducidos en el código genético. Por tanto la evolución y aparición de nuevas especies era consecuencia de la acumulación de pequeñas mutaciones favorables conservadas por la selección natural. Con esas bases nació el neodarwinismo o teoría sintética de la evolución que fue desarrollada por científicos tales como Simpson, Mayr, Huxley, Dobzhansky y otros.

Darwin dio gran importancia a la competencia entre los organismos en la evolución de las especies. Actualmente se considera que también la cooperación (simbiosis) entre especies ha tenido y tiene una importancia muy grande en la aparición de estructuras y funciones de los seres vivos. Nosotros mismos, organismos de la especie *Homo sapiens*, sólo podemos vivir por la asociación permanente con muchas especies de bacterias (Margulis & Sagán, 1995) estiman que alrededor del 10 % de nuestro peso seco pertenece al de nuestras bacterias. Más aún, cada una de nuestras células proviene filogenéticamente de asociaciones con bacterias (por ejemplo este parece ser el origen de las mitocondrias). Las bacterias de la flora intestinal pueden ser identificadas, no así las que dieron origen a varios de los componentes de nuestras células eucariotas. La estructura interna similar que tienen casi todos los cilios y flagelos de los seres vivos nos hablan de un origen común, desde el flagelo de las euglenas (algas unicelulares) hasta los cilios de nuestro tracto respiratorio o el flagelo de los espermatozoides: en un remoto pasado -hace unos 2000 millones de años- bacterias ciliadas, como las espiroquetas, se asociaron a otras células aportándoles las ventajas del movimiento.

## PRUEBAS DIRECTAS E INDIRECTAS DE LA EVOLUCIÓN DE LA VIDA

La presencia de fósiles vegetales y animales en las rocas sedimentadas de la corteza terrestre constituye la más importante *evidencia directa* de los cambios experimentados por los seres vivientes a través del tiempo. La ciencia que estudia la vida del pasado a partir de los fósiles se llama paleontología.

También ha sido posible observar, a lo largo de los años, cambios significativos en poblaciones vegetales y animales. Entre estos cambios tenemos los provocados por acción del DDT sobre ciertas poblaciones de insectos. Cuando este insecticida se utilizó por primera vez eliminó rápidamente poblaciones de insectos considerados plaga, entre otros las moscas domésticas, pero al transcurrir el tiempo su efecto sobre las poblaciones decreció cada vez más. Esto indica que no habiendo cambiado el DDT, quienes cambiaron fueron las moscas. También ejemplos de cambios en microorganismos se podrían tomar a partir de 1945, fecha en que comenzaron a utilizarse, en amplia escala, los antibióticos.

Además de las pruebas directas de la evolución, hay también *evidencias indirectas*. Entre éstas tenemos las aportadas por la anatomía comparada, rama de la biología que establece semejanzas y diferencias en los rasgos anatómicos de diferentes seres vivos. Por ejemplo, al comparar los esqueletos de un mono y un hombre se pueden observar estructuras semejantes y además dispuestas de acuerdo a un modelo similar; estas estructuras se llaman homólogas.

El estudio comparado del desarrollo de los embriones también ha mostrado la presencia de modelos básicos que reafirman la idea de un origen común de animales que actualmente son distintos.

También a nivel celular existen semejanzas muy grandes y mecanismos similares de funcionamiento, hecho que se hace aún más evidente si nos acercamos al nivel molecular.

La gama de evidencia directas e indirectas es tan grande y consistente que hoy no existe hombre de ciencia que niegue la existencia del proceso de evolución de los seres vivos.

Los momentos que consideramos importantes en la secuencia cronológica de la evolución biológica han sido:

- La aparición de la vida, probablemente en un ambiente acuático, hace unos 3800 millones de años. Su expresión pudo haber sido la aparición de moléculas replicantes, con propiedades de multiplicación y diferenciación, parecidas al ARN, y agrupadas, con capacidad de aislarse con algún tipo de membrana externa.
- La aparición de organismos fotosintéticos, cianobacterias y rodofíceas, hace 3700 millones de años.
- La aparición de células con núcleo, los eucariontes, hace 1500 millones de años.
- La aparición de los animales (esponjas, celenterados y artrópodos) hace 600 millones de años.
- La conquista de la tierra por los vegetales primitivos hace 450 millones de años.
- El pasaje de animales acuáticos a la vida terrestre hace 350 millones de años.
- La aparición de los ancestros humanos hace cerca de cuatro millones de años.
- La aparición del *Homo sapiens* en África hace unos 180.000 años.

## PREGUNTAS

1. ¿Puede usted describir un cambio ambiental extraordinario al que una especie animal podría estar expuesta? Utilice esta descripción como guía y aplique el concepto darwiniano de la “supervivencia del más apto”.
2. ¿Puede distinguir la selección artificial de la selección natural teniendo en cuenta los factores selectivos que operan en cada caso? ¿Cómo actúan probablemente hoy en el hombre, en la especie *Homo sapiens*, la selección artificial (es decir, cultural) y la selección natural?
3. ¿Qué es una mutación? Explique el concepto de variabilidad y dé ejemplos.
4. ¿Por qué a veces la especialización puede resultar perjudicial?
5. ¿Por qué en otros casos la especialización resulta beneficiosa?
6. ¿Por qué cree usted que se selecciona la inteligencia en la especie humana? (¿O sería más correcto preguntarnos por qué se seleccionó?). ¿Qué será más importante actualmente en nuestra especie: la evolución biológica o la evolución cultural?
7. ¿Cuáles son algunas de las causas que posibilitan que especies de insectos pueden evolucionar en pocos cientos de años, mientras que se necesitarían muchos miles de años para que evolucionen nuevas especies de mamíferos?

## CAPÍTULO III

# La ecología y los ecosistemas

*Leonardo Malacalza y Fernando Momo*



Si quieres leer  
el texto completo,  
descárgalo

[www.acuedi.org](http://www.acuedi.org)



con el apoyo de:



FUNDACION  
M.J. BUSTAMANTE DE LA FUENTE  
Lima - Perú